

ГРАФИТИЗАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ВБЛИЗИ ТОЧКИ КЮРИ ЦЕМЕНТИТА

Маляров А.В.

*Руководитель - к.т.н., доцент Тихонова И.В.
Тульский государственный университет, г.Тула,
fmm@tsu.tula.ru.*

Металловеды продолжают изучать систему Fe-C, а также взаимные превращения фаз в связи с их исключительной ролью в формировании механических, физических и ряда других важных свойств углеродистых и низколегированных сталей [1]. Всё отмеченное выше в полной мере относится и к одной из важнейших карбидных фаз углеродистых сталей – цементиту Fe_3C [2-4]. В своих работах Счастливцев В.М. отмечает, что в рамках орторомбической решетки могут возникать варианты структуры цементита с различным расположением атомов железа и углерода относительно друг друга, поэтому цементит будет находиться в зависимости от исходной термической обработки в двух или более структурных состояниях.

На наш взгляд, дополнить данные о стабильности цементита можно при исследовании его поведения вблизи температуры фазового перехода. При температуре $A_0=210^\circ\text{C}$ [5], цементит испытывает магнитное превращение (фазовый переход II рода), при котором он рассматривается как инварная система [1]. Вблизи точки Кюри цементита наблюдается аномальное поведение его модуля упругости, рост диффузионной подвижности [6]. В силу отмеченных особенностей поведения свойств цементита анализируемая фаза вблизи точки Кюри должна быть чрезвычайно чувствительна к внешним воздействиям различного рода, особенно с учетом того обстоятельства, что в системе железо-углерод цементит является метастабильной фазой. Ранее проведенные исследования [7] установили факт распада цементита с образованием графита при термоциклировании стали марки 20 вблизи точки A_0 .

Установление влияния содержания углерода на структурные и фазовые превращения в углеродистых сталях при термоциклической обработке вблизи точки Кюри цементита [8] явилось следующим шагом в познании метастабильности цементита.

В настоящей работе изучали влияние исходного структурного состояния на процесс графитизации при термоциклировании вблизи точки Кюри цементита на примере высокоуглеродистых сталей.

Исследования проводили на сталях марок 60 и У10 в различном структурном состоянии. Сталь марки 60 имела исходную структуру пластинчатого перлита и феррита, а сталь марки У10 находилась в отожженном состоянии и содержала сетку вторичного цементита по границам зерен пластинчатого перлита. Образцы были защищены от обезуглероживания специальной пастой.

Далее образцы подвергли термоциклической обработке(ТЦО). Каждый цикл обработки включал помещение образцов на 20 мин. в печь с температурой 210 ± 5 °С и затем быстрый перенос их в печь с температурой 170 °С, где их выдерживали в течение 20 мин. Образцы стали каждой марки подвергли 50 циклам обработки.

Затем образцы подвергали металлографическому (на микроскопе «Karl Zeiss Yena» с цифровым выводом изображения в диапазоне увеличений от 50 до 2500) и рентгеноструктурному анализам. Последний проводили на дифрактометре ДРОН–УМ1 в K_{α} -излучении в ИМЕТ РАН. Оба метода показали отсутствие какого-либо эффекта в изучаемых сталях.

Термоциклированием вблизи A_1 пластинчатый перлит в стали У10 переводили в перлит зернистый. После этого образец снова подвергли 35 циклам ТЦО вблизи точки Кюри цементита. Последующее изучение микроструктуры выявило наличие темных округлых включений с объемной долей около 0,008. Средний размер включений составляет 8 мкм (рисунок 1).

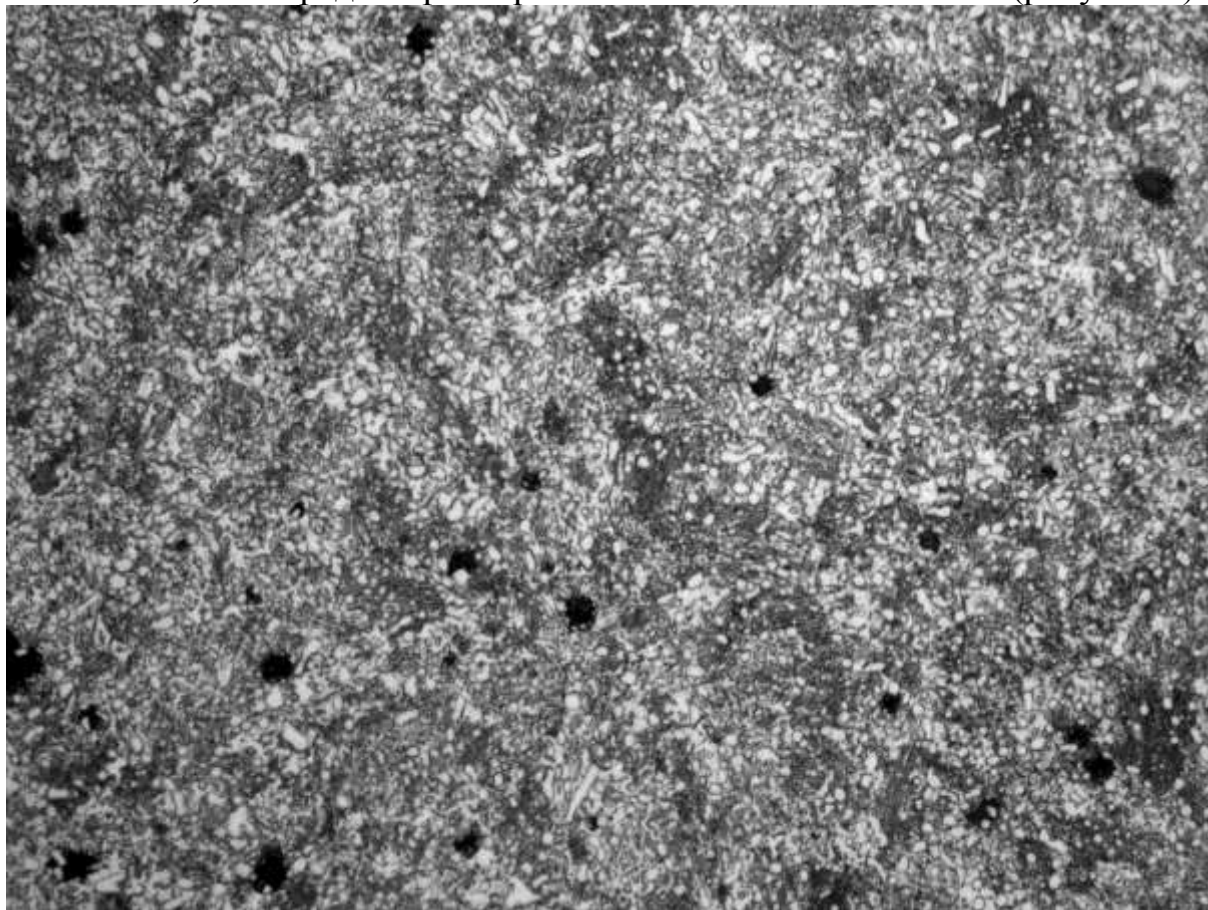


Рисунок 1 – Микроструктура стали марки У10 после 35 циклов ТЦО. $\times 500$

Рентгеновский анализ показал, что данные частицы являются включениями свободного углерода. Образование графитной фазы приводит к существенному (до 3 %) падению плотности образца.

Проведенные исследования указывают на прямую зависимость процесса графитизации в углеродистых сталях от структурного состояния. Установлено, что эффекту графитизации поддаются стали со структурой зернистого перлита,

который включает цементит в качестве изолированной фазы, а не входящей в состав смеси «цементит – феррит» (пластинчатый перлит). Полученные данные свидетельствуют также о взаимосвязи фазовых переходов I и II рода в цементите.

Список литературы

1. Медведева Н.И., Карькина Л.Е., Ивановский А.Л. Электронная структура и магнитные свойства α -, γ -фаз железа, их твёрдых растворов с углеродом и цементитом // Физика металлов и металловедение. – 2006. – Том 101. – № 5. – С. 479–484.
2. Счастливцев В.М., Яковлева И.Л., Мирзаев Л.А., Окишев К.Ю. О возможных позициях атомов углерода в решётке цементита // Физика металлов и металловедение. – 2003. – Том 96. – № 3. – С. 75–82.
3. Медведева Н.И., Карькина Л.Е., Ивановский А.Л. Влияние эффектов атомного разупорядочения и нестехиометрии по углеродной подрешётке на зонную структуру цементита Fe_3C // Физика металлов и металловедение. – 2003. – Том 96. – № 5. – С. 16–20.
4. Титоров Д.Б. Моделирование возможных структурных форм цементита // Физика металлов и металловедение. – 2007. – Том 103. – № 4. – С. 413–419.
5. Бунин К.П., Баранов А.А. Металлография. – М.: Металлургия, 1970. – 256 с.
6. Драпкин Б.М. О модуле Юнга цементита / Б.М. Драпкин, Б.В. Фокин // Физика металлов и материаловедение. – 1980. – Т.49. – № 3. – С. 649–651.
7. Тихонова И.В., Кузовлева О.В., Стариков Н.Е., Гвоздев А.Е. Распад цементита углеродистых сталей при термоциклировании // Производство проката. – 2008. – № 8. – С. 36–37.
8. Тихонова И.В., Маляров А.В., Кузовлева О.В., Гвоздев А.Е., Стариков Н.Е. Влияние содержания углерода на распад цементита в углеродистых сталях при термоциклической обработке // Производство проката. – 2009. – № 5. – С. 29–31.